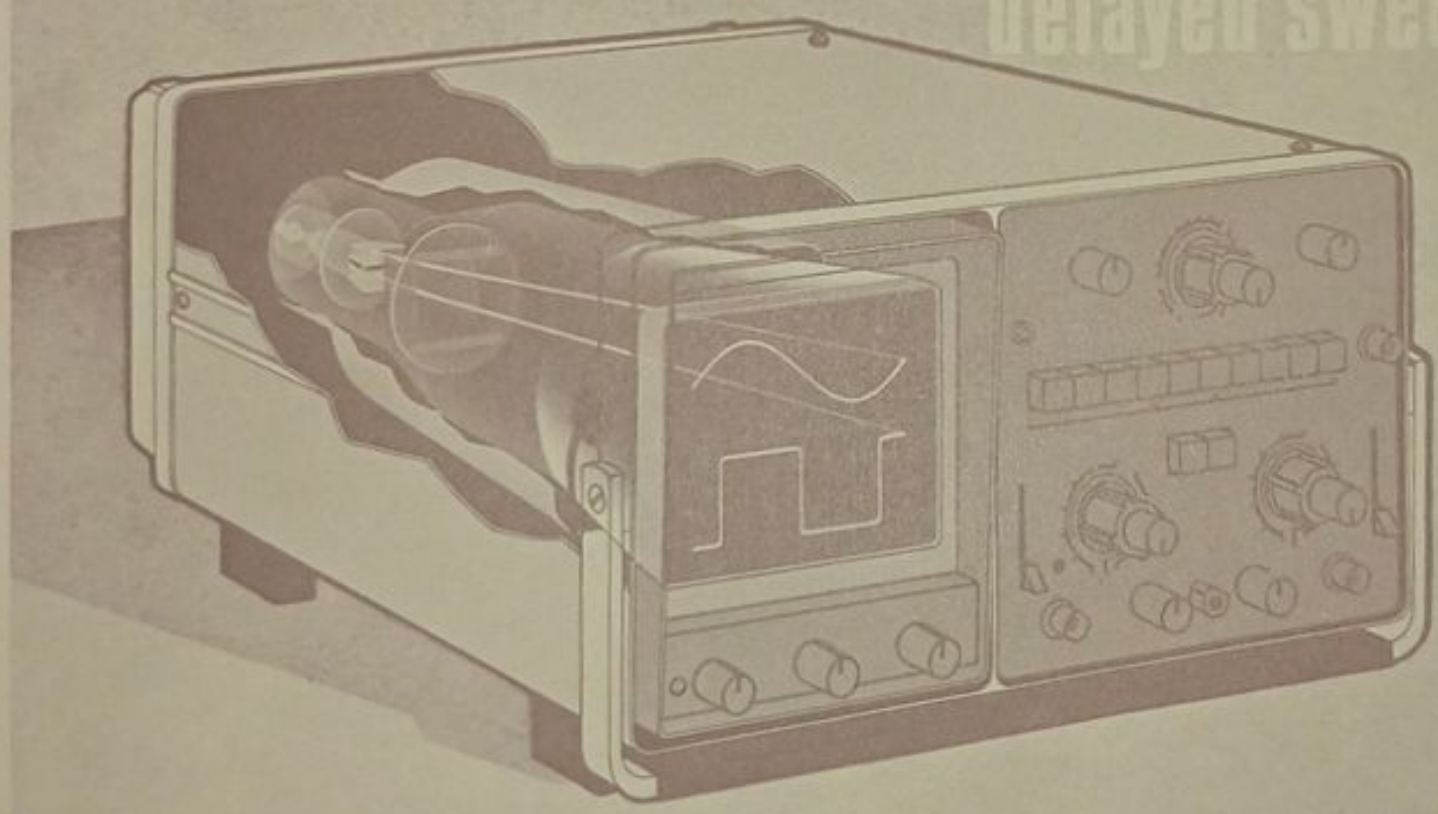
test and measuring instruments

OSCILLOSCOPES dual channel and delayed sweep



PHILIPS

Oscilloscopes
Oscilloscopes
Oszillografen

Series 2 - Dual Channel and Delayed Sweep Page 2

This slide-illustrated course should be considered as a sequel to "Oscilloscopes, series 1 - Basic Principles", a similar course which describes from first principles the oscilloscope, its functions and some basic applications.

The aim of this second course is to show how oscilloscopes can display more than one vertical input signal. It also explains how a delayed time-base is derived and illustrates some of the practical advantages to be gained with it.

2ème partie - Les oscilloscopes à 2 traces et la double base de temps. Page 8

Ce cours audio visuel fait suite à la première partie concernant "les principes de bases des oscilloscopes" et qui décrivait:

- le principe de l'oscilloscope
- les différentes commandes
- les applications courantes

Ce deuxième exposé a pour but de vous expliquer comment les oscilloscopes peuvent visualiser plus d'un seul signal, et également le principe de la base de temps retardé, ainsi que les applications qui en découlent.

Serie 2 - Zweikanaldarstellung und Verzögerte Zeitbasis Seite 14

Diese Dia-Serie ist die Fortsetzung der Serie 1 - Oszillografen Grundbegriffe. Die erste Serie beschreibt das Grundprinzip des Oszillografen, seine Funktionen und einige Anwendungsbeispiele.

Diese zweite Serie soll zeigen, wie ein Oszillograf mehr als ein vertikales Signal darstellen kann. Sie beschreibt auch, wie eine verzögerte Zeitbasis arbeitet und welche Vorteile diese in der Praxis bietet.

1. Many kinds of measurements can be done with specific equipment such as AC or DC voltmeters, counters, timers and so on. These instruments have the distinct advantage of being able to measure electrical signals with very high accuracies and resolutions.

2. There are, however, a number of electrical parameters that can best be measured with an oscilloscope. Its ability to display actual **waveforms**, has made the oscilloscope the most versatile and widely-used electronic measuring instrument.

   Two typical examples are shown:
   a. The picture on the **left** shows how an oscilloscope can display one input signal (vertical deflection) as a function of another (horizontal deflection), giving an X-Y display.
   b. On the **right** is a picture showing an oscilloscope display of an electrical input signal as a function of time: X-t display.

3. Oscilloscopes with one vertical channel meet many requirements. However, the need often arises for a means of displaying two different signals, in order to compare their time relationship, phase, distortion or amplitude. For such applications, it is essential to have an oscilloscope with **two** vertical input channels.

   The picture shows the leading edges of two pulses being compared against one common time-axis. It can be seen that there is a time delay between the two pulses and that the lower pulse exhibits considerably more distortion than the upper one.

4. The direct method to obtain the simultaneous display of two waveforms on one oscilloscope screen is by using two separate electron beams. The picture shows the fundamental elements in the cathode ray tube of such a dual-beam oscilloscope. Two beams are generated in two separate guns and each beam has its own set of deflection plates.

   This two-gun arrangement does have certain limitations. Because of the physical dimensions of the guns and their deflection systems, there is a finite distance between the two beams which cannot be ignored. Neither of the two beams can, therefore, travel along the central axis of the tube and, as a result, a certain amount of visible projection distortion occurs.

5. This picture shows the fields on the screen that are scanned by each beam. They are trapezoidal rather than rectangular, which causes some misalignment at the edges of the fields. This effectively reduces the measuring accuracy of the instrument.

6. So, designers were confronted with the problem of reducing the distance between the two beams. Eventually this problem was solved with the development of a single gun that generates both beams. This split-beam technique results in a negligible distance between the two beams, enabling higher accuracies to be obtained.

7. The block diagram in this picture shows the typical circuit requirements for a **dual-beam** oscilloscope. The two beams share a single set of horizontal deflection plates, in order to obtain an absolutely equal deflection-coefficient along the time-axis. Note that there are two independent amplifier chains, however, one for each of the two sets of vertical deflection plates.

   For accurate comparative measurements both amplifier chains **and** the vertical deflection systems must be perfectly matched for frequency- and phase characteristics.These requirements become increasingly difficult with the increase of the instrument's bandwidth, which renders the dual-beam principle less economical for frequencies higher that 10 to 15 MHz.

8. To overcome this problem, a method has been devised to write both traces on one screen using only one set of vertical deflection plates and, therefore, only one power output amplifier. In fact, this is an indirect method in which the beam is timeshared between the two signals.

   One way to achieve time-sharing is to "chop" the beam from one signal to the other at regular intervals during the sweeps. To demonstrate this technique clearly, the "chopping" frequency is shown as being very low with respect to the input signal frequency. In practice, however, the chopping frequency should be high enough to make the two waveforms appear to the human eye as continuous lines.

   In this respect the human eye has the distinct advantage that, because of its slow response, it cannot discern rapid fluctuations, and so the effects of the fast chopping are not seen.

9. This block diagram shows the basic circuit elements necessary to achieve a **dual-trace** display in the chopped mode. The two input signal channels are connected to a fast electronic switch that operates at the chopping frequency (typically between 100 kHz and 1 MHz). Thus each input channel is connected, in turn, to the power amplifier and the vertical deflection plates.

10. To obtain a continuous trace for each waveform, the chopping frequency must be high and must not be a whole multiple of the frequency of the displayed signals. If this requirement is fulfilled, then the gaps will be small and the displayed parts will overlap during successive sweeps, as is shown in this picture.
It is possible, however, for the gaps to be visible, because of interference between the chopping frequency and the displayed signals.

11. In such cases it is better if the beam traces one whole waveform during one sweep and then switches to display the second waveform during the next sweep. In this way the waveforms are displayed individually on alternate sweeps.

    This is the second way of time-sharing. An oscilloscope operating in this manner is said to be in the "alternate" mode. If the frequency of the signals is high, and consequently the sweep rate is high, the two waveforms will appear to be on the screen simultaneously. Again this is only possible because of the inertia of the human eye.

12. We have now seen the three principle methods to obtain a simultaneous display of two input signals. Let us compare them once more. The picture shows the way in which two different input signals would be displayed using the three display modes. Each display is shown over two consecutive horizontal sweeps represented by the sawtooth waveform at the bottom of the picture.

    At the top of the picture is the **dual-beam** display which always provides a continuous, uninterrupted reproduction of both input signals.

    Beneath this is the display obtained with a **dual-trace** oscilloscope using the **chopped mode.** Here we see the effect of a chopping frequency which is low with respect to the frequency of the displayed waveform. In practice, however, the gaps shown here would not be seen with repetitive sweeps, provided that the chopping frequency does not interfere with the frequency of the input signals.

    The last example shows the **dual-trace** display when the **alternate mode** is used. In this case only one signal is displayed during a sweep. At the end of the first sweep, the electronic switch causes the second signal to be displayed during the next sweep.

    From these examples it could well be assumed that the dual-beam display is the ideal method to use, since it is the only one which gives a realistic, uninterrupted representation of both input signals. This is a fair assumption but, unfortunately, it becomes uneconomical for frequencies over 10 to 15 MHz.

13. An additional advantage of the time-sharing technique is that it can be built to obtain a multi-waveform display. Here, for example, we see the circuit requirements for deriving a simultaneous display of 4 separate waveforms.

    Again the oscilloscope needs only one power amplifier for driving the single pair of vertical deflection plates. The electronic switch, however, is now 4-way, and is used to connect the input of the power amplifier to each of the 4 input preamplifier channels in turn.

14. So far we have discussed the ways in which two or more separate input signals can be simultaneously displayed on an oscilloscope. Over the next few slides a number of typical applications will be outlined.

    The picture on the **left**, for example, shows a method of measuring the phase difference between two signals. The signals are displayed in such a way that one half period occupies 9 divisions. Thus, each division represents a phase angle of 20° (180° divided by 9).

    In the **right** hand picture we see how the output signal of a pulse-shaper circuit (lower waveform) is compared with its input signal (upper waveform). Notice that the switching levels and times can be seen quite clearly.

15. Two more application examples are shown in this slide.

On the **left** we see a method of measuring the time delay between two pulses.

The picture on the **right** shows how a 2-channel display is used to count the number of pulses on one signal (lower waveform) that occur during the time interval of another pulse (upper waveform).

To provide a clear picture here, only a few pulses are shown in the lower waveform. However, often the number of pulses is high, making it difficult to count them accurately. To that end a higher resolution along the time axis is needed.

16. This slide shows how a magnifying glass could be used to increase the resolution of that part of the display in which we are interested. This, however, is a rather impractical method of achieving the required magnification. It would be better to use an electronic method of expanding the display along the time-axis.

17. Electronic expansion of the display is possible, as shown in this picture. But, as the size of the screen itself cannot be enlarged correspondingly, only part of the waveforms remain on the screen. In the top of the picture we see the normal display; in the bottom part the display is expanded by a factor of 5. The range-of-shift is expanded correspondingly, so that any portion of the waveform we wish to examine can be moved on to the screen.

18. It is important to bear in mind the change in the time-scale. If, for example, the time-base speed used for the display in the top part of this picture was 5µs per division, and the display width of the screen is 10 divisions, then the full sweep time is 50 µs.

This sweep time remains the same when the sweep is expanded over 50 divisions. Therefore, the time-scale of the expanded display in the lower part of the picture is 50 µsec, now divided by 50 divisions, or 1 µsec/div.

Use of a magnifier is a very simple way to increase resolution, but in practice the amount of magnification is limited. For, any instability in the input signal is also magnified, making accurate observations difficult, if not impossible. Furthermore, large magnifications make it difficult to locate a particular part of the signal.

19. There is another way to achieve a higher resolution display, namely by simply increasing the speed of the time-base. To the right is the sinusoidal input signal with a period T. Three different time-base speeds are represented in the bottom lefthand corner of the picture. Each of these results in a display of the waveform on the screen in corresponding colours.

Remember that the fastest time-base speed achieves full horizontal deflection in the shortest time. In other words, as the time-base speed increases, a smaller portion of the signal is displayed over the full screen, thus increasing the resolution.

Note, that the display always starts at the trigger point of the input signal. This means that the part of the signal immediately after each trigger point is displayed. The faster the sweep speed, the smaller this part is, and the higher the resolution. Since triggering occurs at identical points in the input signal, successive sweeps describe identical signal forms. These are written on top of each other and appear on the screen as a single trace.

20. Repetitive sweeps will cover the same path on the screen provided the input signal is regular, as we have seen with a sine-wave. If the waveform is not regular, the display becomes ambiguous.

To the right we see an irregular input signal. From time 0 to time T the input signal is a square-wave, but from T to 2T it is sinusoidal. With the speed of the time-base set to give full deflection in time T and with the sweep generator triggered as before, two sweeps are obtained between time 0 and time 2T.

The corresponding screen displays are shown. During the first sweep the square-wave portion of the input signal is displayed. The sinusoidal half is displayed during the second sweep. Thus, the two different halves of the input signal appear superimposed, which is obviously not satisfactory.

21. Now, suppose we only want to see the sinusoidal portion of the input signal displayed over the full screen width. This can be done if, in some way, triggering of the sweep is delayed until time T, as shown here. In practice, such an arrangement is known as "delayed sweep".

22. By increasing the **speed** of this delayed sweep, a smaller portion of the input signal is displayed over the full screen width. The picture shows two examples of delayed sweep. Both start at time T, but the yellow one reaches full horizontal deflection quicker than the green one, and so produces a display with a correspondingly higher resolution.

23. By varying the **delay-time**, different starting points for the delayed sweep can be selected. In these two examples the delayed sweeps have the same speed, but they are started after different delay-times. Hence they cause different portions of the input signal to be displayed, but with equal resolution.

    The overall result is that, by varying the delay-time and the speed of the delayed sweep, any portion of the input signal can be displayed and magnified as required.

24. Up to this point we have talked about using a delayed sweep without actually considering how the delay is achieved. This picture is a typical timing diagram which shows how the delayed sweep is derived.

    The waveform at the top of the picture represents two cycles of the input signal used for previous examples. Directly below this the normal, or main time-base generator output waveform, is shown in red. Triggering occurs at 0, T, 2T, etc.

    By means of a comparator circuit, the output voltage level of the main time-base generator is continuously compared with an adjustable DC-voltage, indicated by the yellow line. At the moment when the main time-base output voltage reaches the level of the DC-voltage, a second time-base is started. **This** is the delayed sweep and is shown in blue.
    Variation of the DC-voltage alters the delay-time between starting points of main sweep and delayed sweep.

    A switch on the front panel provides selection between the use of the main time-base to display the total signal, or of the delayed time-base to magnify a selected portion over the full screen width.

25. In order to indicate which portion of the total signal will be magnified, the particular part during which the delayed sweep will be running, is intensified. This timing diagram illustrated how this is done in practice.

    During the main sweep (red), a square pulse (orange), which is derived from the **main** time-base generator, drives the Wehnelt cylinder of the CRT, in order to produce a visible trace on the screen. The **delayed** time-base generator also produces a square pulse, which starts and finishes with the delayed sweep (blue). This pulse, shown in light blue, is added to the orange one from the main time-base and the composite pulse is taken to the CRT.

    The result is a visible display of the total signal, but with increased brightness during the time that the delayed sweep is running.

26. Here we see two different screen displays. The one on the **left** is the display obtained with the main time-base generator. Again, part of the signal is shown brighter than the rest, to indicate where the delayed sweep will occur. By using the delayed sweep, instead of the main sweep, the display becomes as shown on the **right**. Here we see the small part of the input signal expanded over the full screen.

27. As we have seen, the delay-time was determined by comparing the output of the main time-base generator (red), with an adjustable DC-level (yellow). This level is set by means of a high-resolution, 10-turn potentiometer. It can be varied between the starting point and the end of the main time-base sweep. The potentiometer, known as the delay-time-multiplier, is equipped with a calibrated 0 to 10 scale, since 10 divisions represent full horizontal deflection of the main time-base generator. Readings can be made to 2 decimal places.

    The actual delay-time, so the time between the starting points of main sweep and delayed sweep, is obtained by multiplying the scale reading of the delay-time-multiplier by the deflection coefficient of the main time-base generator.

28. This picture shows two different readings of the delay-time-multiplier, with the corresponding DC-levels in yellow. Note that the starting points of the delayed sweep are different, resulting in a shift of the intensified portion in the upper displays. These details are shown magnified in the lower oscillograms.

    Also note that in both examples the sweep speed of the delayed time-base is the same, resulting in the same amount of magnification of different portions.

29. Here we see again two examples of the use of delayed sweep. Now the delay-time is the same for both, whereas the sweep speeds are different. It can be seen that with a faster time-base setting, a smaller portion of the upper waveform is intensified.

From the lower oscillograms it follows that the smaller the portion is that is displayed over the full screen, the larger the amount of magnification that results.

30. This is a block diagram of the circuit elements used in the main- and delayed time-base generators. The main time-base generator and trigger circuits are shown in red, and the delayed time-base generator in blue. The delayed sweep is started by the output of the comparator circuit. The two signals fed into comparator circuit are the saw-tooth output of the main time-base generator (red) and a DC-voltage set by the delay time multiplier (yellow).

Also shown here is how the square pulses from the two time-base generators are added, and how the composite pulse is transferred to the Wehnelt cylinder in the CRT.

Choise of display is determined by a switch (shown in purple) that connects either the main time-base output, or the delayed time-base output, to the horizontal deflection amplifier.

31. The delayed sweep that we have been studying so far, always starts precisely at the end of the delay-time, which implies a constant time interval between the start of the main time-base and that of the delayed time-base. In this way, any portion of a waveform can be easily located and magnified by adjusting the delay time multiplier potentiometer.

A stable display of the magnified part is obtained, as long as the time-intervals of the signal to be measured are constant as well.
In practice, however, time intervals of a signal quite often are not constant.

The picture shows such a situation. Here the time between the trigger point of the main time-base (which also determines the start of the delayed time-base) and the event to be studied in detail, varies.

32. For example, in the display on the **left** we see two pulses where the time-interval between them varies from cycle to cycle. Also the duration of each pulse is not constant.

The result is that the leading edge of the first pulse appears stable since this edge is used to trigger the display. The other pulse edges, however, exhibit a certain amount of "jitter", which becomes progressively worse the further the edge is from the trigger point.
Suppose we wish to examine the leading edge of the second pulse, using the delayed sweep to magnify that part of the waveform. The resultant display is shown on the **right**. Because the delay-time is constant, both signal **and** jitter are magnified. This makes it virtually impossible to study the waveform.

33. Now, we have seen that on the display of the total signal, the leading edge used for triggering the display is always stable and clear. It is natural to assume therefore, that a stable magnified display would be possible, if the delayed sweep could be triggered by that pulse edge that we wish to examine. Many oscilloscopes have provisions for this.

It is done by blocking the delayed sweep generator during the delay-time. Then, instead of starting immediately after the delay-time, the sweep generator waits for a trigger pulse. By appropriately adjusting the delay-time, it can be arranged so, that the edge we wish to examine is the one which triggers the delayed sweep.

As with the main time-base, the triggering of the delayed sweep can be adjusted for level and polarity. The delayed sweep therefore starts at the same point of the waveform each time, and the magnified display is perfectly stable and clear, even with large magnifications.

34. In this picture we see the complete block diagram of such a delayed sweep arrangement. Trigger circuitry for the delayed time-base is shown together with the "gate"-circuit which blocks the delayed time-base during the delay-time. Also shown is the switch that selects whether the delayed sweep starts immediately after the delay-time or waits for a trigger signal.

35. In this final picture we see the front panel of an actual dual-trace oscilloscope that features both main- and delayed time-bases.

From the text-plate it can be seen that there is a clear division between the main time-base and delayed time-base compartments. This prevents confusion arising over controls which relate solely to one or other of the time-bases, such as the time coefficient control, trigger input, trigger mode, level and polarity switches.

Above the two separate sets of time-base controls are a number of controls relating to both time-bases: the horizontal shift, the delay-time-multiplier, the magnification indicator lamp and the time-base selection switch.

1. Plusieurs type de mesures peuvent être effectués avec des instruments spécifiques, tels que:

   - des voltmètres alternatifs et continus
   - des compteurs
   - des chronomètres

   etc. ...

   Ces instruments ont la particularité de pouvoir mesurer avec de grandes précisions et de grandes résolutions, des signaux électriques.

2. Il y a cependant un certain nombre de paramètres qui peuvent très bien être mesurés avec un oscilloscope. La particularité de visualiser **les signaux en temps réel** fait que l'oscilloscope est un instrument de mesure le plus souple et le plus utilisé.

   Deux exemples types vous sont présentés:
   a. L'image de **gauche** montre comment un oscilloscope peut visualiser un signal (déflection verticale) en fonction d'un autre signal (déflection horizontale), soit une représentation X - Y.
   b. L'image de **droite** représente un signal électrique en fonction du temps, soit une représentation X - t.

3. Néanmoins il apparait fréquemment qu'il est nécessaire de visualiser au moins deux signaux différents, afin de comparer leurs relations dans le temps, leurs relations de phase ou d'amplitude. Pour de telles applications, il est nécessaire d'avoir un oscilloscope à **deux** entrées verticales.

   La vue représente les fronts de deux impulsions pour comparaison, par rapport au même axe de temps. Nous constatons qu'il y a un délai de temps entre les deux impulsions et que la trace inférieure montre une distorsion importante par rapport à la trace supérieure.

4. La méthode la plus directe pour obtenir une visualisation simultanée de 2 signaux sur un écran d'oscilloscope, est l'utilisation de deux faisceaux d'électrons séparés.

   Cette vue représente le principe d'un tube double faisceau; ce tube est constitué par:

   - deux canons d'électrons
   - deux paires de plaques de déviation verticale
   - deux paires de plaques de déviation horizontale

   Il y a certaines limites dans la construction d'un tube à 2 canons d'électrons. En effet les dimensions mécaniques des 2 canons et des plaques de déflection, ne sont pas négligeables, il y a donc une distance limite entre les deux faisceaux. Ceux-ci ne peuvent donc pas se projeter dans l'axe du tube, il en résulte une distorsion du signal visualisé.

5. Cette vue représente sur l'écran les régions balayées par chaque faisceau. Elles sont trapèzoides au lieu de rectangulaires, ce qui donne, vers les extrémités du tube, un désalignement des crêtes. Alors, la précision de l'appareil est reduite.

6. Les constructeurs avaient donc à résoudre le problème de la distance entre les deux faisceaux. Ce problème a été résolu par l'émission de deux faisceaux issus du même canon. Cette technique de découpage du faisceau permet de'avoir une distance négligeable entre les deux faisceaux, donnant ainsi une plus grande précision.

7. Cette vue représente le schéma synoptique d'un oscilloscope **double faisceau.** Les deux faisceaux passent entre les mêmes plaques de déflection horizontale, afin d'obtenir rigoureusement le même coéfficient de déflection sur l'axe de temps.
   Pour des mesures comparatives rigoureuses, les deux préamplificateurs **ainsi que** les deux amplificateurs de déflection verticale, doivent être parfaitement identiques, au point de vue gain, bande passante, et déphasage. Ces critères deviennent de plus en plus difficiles, en fonction de l'augmentation de la bande passante.
   Le prix d'un oscilloscope à double faisceau augmente rapidement pour une bande passante supérieure à 10 ou 15 MHz.

8. Afin d'éviter ces problèmes (identité des amplificateurs, prix) une technique a été développée pour écrire deux traces sur un même écran, en n'utilisant qu'un seul amplificateur de déflection verticale, donc un seul ampli de puissance. En fait, ceci est une méthode indirecte de partage de temps d'un faisceau entre les deux signaux.

   Une méthode de partage de temps est de "découper" (chopper) le faisceau, d'un signal à l'autre dans des intervales de temps réguliers, pendant le balayage. Afin de vous expliquer clairement cette technique, la fréquence de découpage, représentée sur cette vue, est très basse par rapport à la fréquence de signal d'entrée.

Pratiquement la fréquence de découpage est suffisamment élevée pour que l'oeil humain ne discerne pas ce découpage et donne l'impression d'un signal continu. En effet l'oeil humain a l'avantage d'avoir une réponse lente et ne peut donc pas capter les fluctuations rapides et ainsi l'effet du découpage rapide n'est pas discerné.

9. Cette vue représente les circuits de base d'un oscilloscope **double trace** par le principe de découpage. Les deux voies sont connectées à un commutateur électronique qui travaille à une fréquence de découpage (normalement entre 100 KHz et 1 MHz).
Donc, chaque voie est connectée alternativement vers l'amplificateur de puissance et l'amplificateur de déflection verticale.

10. Afin d'obtenir une trace continue pour chaque signal, la fréquence de découpage doit être élevée, et non un multiple pair de la fréquence du signal visualisé. Si ces conditions sont respectées, les intervalles sont faibles et les parties visualisées se superposent pendant les balayages successifs, comme vous le montre cette image.
Toutefois, dans certaines configurations, il est possible de visualiser les intervalles de découpage, particulièrement lorsqu'il y a une interférence entre la fréquence de découpage et la fréquence du signal visualisé

11. Dans ce cas, il est préférable de visualiser une voie pour un premier balayage, puis la deuxième voie au second balayage et ainsi de suite. Les tracés sont alors visualisées alternativement.

Ceci est la deuxième méthode de découpage; un oscilloscope travaillant de cette manière est dite en "mode alterné".
Si la fréquence du signal est élevée, la vitesse de balayage est également élevée, les deux signaux semblent arriver alors simultanément sur l'écran, toujours pour la même raison d'inertie de l'oeil humain.

12. Nous venons donc de voir les trois méthodes de visualisation simultanée de deux signaux. Comparons les encore une fois.

L'image montre comment deux signaux différents sont visualisés par les trois modes de fonctionnement. Chaque signal est visualisé par deux balayages représentés par les dents de scie au bas de la figure.

En haut de la figure, nous avons le **double faisceau** qui visualise simultanément et d'un tracé continu les deux signaux.

En dessous, nous avons la visualisation de deux signaux sur un oscilloscope **double trace en mode chopper.** Nous voyons l'effet d'une fréquence de commutation basse par rapport à la fréquence du signal.
Pratiquement, nous ne voyons pas les intervales, visibles ici, avec un balayage répétitif, par le fait que la fréquence de commutation n'interfère pas avec la fréquence du signal.

Le dernier exemple montre les deux signaux sur un oscilloscope **double trace en mode alterné.** Dans ce cas, uniquement un signal est représenté pendant le premier balayage, puis en fin de premier balayage, nous commutons la voie 2 et nous représentons le deuxième signal au deuxième balayage.

De ces exemples, nous tirons la conclusion que le double faisceau est la méthode idéale, puisque c'est la seule qui donne une représentation continue et simultanée des deux signaux. Mais, malheureusement, c'est une solution onéreuse pour des fréquences supérieures à 10 ou 15 MHz.

13. Un autre avantage de la technique de commutation, c'est qu'il est possible de faire une représentation multitraces. Cette vue vous donne l'exemple de la représentation de 4 signaux différents. De même, nous utilisons qu'un seul amplificateur de puissance pour la déflection verticale, par contre le commutateur est à 4 voies afin d'aiguiller chaque préampli vers l'ampli de puissance.

14. Nous venons de voir comment deux ou plusieurs signaux séparés peuvent être représentés simultanément sur l'écran d'un oscilloscope.
Les quelques vues qui vont suivre vous montreront certaines applications classiques.
L'image de **gauche** vous montre une méthode de mesure de phase entre deux signaux.
Les signaux sont visualisés de telle sorte qu'une ½ période fasse 9 divisions, chaque division représente donc une phase de 20° (20° x 9 = 180°).
En prenant certaines précautions, nous voyons que le déphasage des deux signaux représentés ici est de 60° (3 divisions x 20°).

L'image de **droite** représente la comparaison entre le signal de sortie d'un générateur d'impulsion (signal inférieur) et le signal d'entrée de ce générateur (signal supérieur). Notons que nous pouvons lire clairement le niveau de déclenchement et la largeur de l'impulsion.

15. Deux autres exemples d'application sont présentées sur cette image:

A gauche, nous voyons une méthode de mesure d'un retard entre deux impulsions.

A droite, nous voyons comment avec un oscilloscope double trace, nous pouvons compter le nombre d'impulsions d'un signal (courbe inférieure) pendant l'intervalle de temps d'une autre impulsion (courbe supérieure).

Afin d'avoir une figure compréhensible, seulement quelques impulsions sont représentées ici. Cependant, bien souvent le nombre d'impulsions est élevé, donc difficile de compter avec précision. Pour cela, une plus grande resolution doit être obtenue sur l'axe de temps.

16. Cette vue montre comment nous pouvons accroitre la résolution en utilisant une loupe sur la partie qui nous intéresse.
Toutefois, ce n'est pas une méthode pratique. Il est préférable d'utiliser une méthode électronique pour l'étalement dans le temps d'une partie d'une signal.
L'grandissement électronique d'un signal est possible, comme vous le montre cette vue. Mais, comme les dimensions du tube ne peuvent pas être agrandies dans le même rapport, seulement qu'une partie du signal peut être visualisée.

Sur le haut de la figure, nous voyons le signal normalement visualisé; dans le bas nous voyons le signal élargi par un facteur 5. La largeur de la dérive est agrandie dans les mêmes proportions, de sorte que nous pourrons examiner toutes les parties du signal par déplacement de celui-ci devant l'écran.

18. Il est important de se rappeler de la modification dans la vitesse de balayage.
Si par exemple, la vitesse de balayage du signal de la mire supérieure, est de 5 microsecondes par division, et le'écran à 10 divisions, le balayage total est de 50 microsecondes.

Ce temps de balayage reste le même lorsque le balayage est agrandie sur 50 divisions. C'est pour cela que le calibrage de temps par division est de 50 microsecondes divisé par 50 divisions, soit de 1 microseconde/div.

L'utilisation d'une loupe est un moyen très simple d'augmenter la résolution, mais en pratique, le coéfficient d'amplification est limité. En effet, toute instabilité du signal est également amplifiée, rendant la lecture difficile, sinon impossible.
D'autant plus qu'une grande amplification rend la localisation d'un point particulier du signal très délicat.

19. Il y a un autre moyen d'augmenter la résolution, en augmentant la vitesse de balayage. A droite, nous avons le signal d'entrée avec une période T. En bas à gauche, nous avons représenté 3 vitesses différentes de balayage. Le signal correspondant est visualisé avec une couleur différente.
Rappelez vous que la vitesse de balayage la plus rapide correspond au plus court temps pour un balayage complet de l'écran. En d'autres termes, quand la vitesse de balayage augmente, une partie plus faible du signal est visualisée, donc accroissement de la résolution.

Remarquez que le signal sur l'écran démarre toujours au même point, correspondant au seuil de déclenchement de la base de temps. Ceci fait que la partie du signal après le point de déclenchement est toujours visualisé. Plus la vitesse est rapide, plus cette partie est faible donc plus grande est la résolution.
A partir du moment où le balayage démarre toujours au même seuil du signal d'entrée, plusieurs balayages successifs décrivent la même forme du signal et cela apparait sur l'écran comme un signal unique et stable.

20. Comme nous l'avons vu avec un signal sinusoïdal, si le signal d'entrée est régulier, des balayages répétitifs couvrent toujours la même partie du signal. Mais si le signal est irrégulier, la visualisation devient ambigue.

A droite nous avons un signal irrégulier. De l'origine au temps T, nous avons un signal rectangulaire, puis de T à 2 T un signal sinusoïdal. Avec une vitesse de balayage correspondant à un balayage complet dans le temps T, nous obtenons donc 2 signaux différents entre le temps 0 et 2 T.

En effet, pendant le premier balayage, la partie rectangulaire du signal est visualisée. Puis le signal sinusoïdal est visualisé pendant le deuxième balayage. Donc les deux parties des signaux apparaissent superposées, ce qui n'est absolument pas satisfaisant.

21. Supposons maintenant que nous voulions visualiser que la partie sinusoïdale du signal, sur la totalité de l'écran. Ceci peut être réalise, dans certains cas, en retardant le démarrage du balayage d'un temps T. En pratique nous appelons ce mode de fonctionnement: "balayage retardé."

22. En augmentant la **vitesse** de ce balayage retardé, une partie plus étroite est visualisée sur l'écran. Cette vue représente deux exemples de "balayage retardé". Les deux démarrent au temps T, mais le balayage jaune est plus rapide que le balayage vert, et donne donc une visualisation avec une résolution plus grande.

23. En variant le **temps du retard** de balayage, différents points de déclenchement de la base de temps, peuvent être sélectionnés. Dans ces deux exemples, le balayage se fait à la même vitesse, mais démarre après un temps variable; de ce fait, différentes portions du signal d'entrée peuvent être visualisées, mais avec une résolution identique.
Ces deux types de fonctionnement montrent que si nous faisons varier le temps de retard et la vitesse de balayage, toutes les parties d'un signal peuvent être visualisées et aggrandies, suivant le désir de l'utilisateur.

24. Nous venons de voir comment utiliser une base de temps retardé, sans préciser comment nous pouvons obtenir ce retard.

Cette vue représente un diagramme de temps qui montre comment est générée la dent de scie retardée.

La forme d'onde en haut de la vue, représente 2 cycles du signal d'entrée. Juste en dessous, la sortie du signal de la base de temps principal figure en rouge; cette dent de scie est déclenchée au temps O, T, 2 T etc. ...

Par l'intermédiaire d'un comparateur, le niveau de sortie du générateur de base de temps principale est continuellement comparé avec une tension continue ajustable, représentée par la ligne jaune. Au moment où le niveau de la dent de scie correspond au niveau continu, une deuxième dent de scie démarre. **Celle-ci** est dénommée "balayage retardé" et figure en bleu.
La variation de la tension continue détermine le retard entre le balayage principal et le balayage retardé.
La mise en oeuvre du balayage principal ou retardé se fait par des commutateurs disposés sur la face avant.

25. Dans le but de distinguer quelle partie du signal nous voulons aggrandir, une surintensification correspondant au temps du balayage retardé, se présente sur le signal visualisé.

Cette vue représente le diagramme de temps de ce que nous venons d'expliquer.

Pendant le balayage principal (en rouge) une impulsion (en orange) issue du générateur de base de temps **principal,** est appliquée au Wehnelt du CRT, afin de rendre visible la trace sur l'écran.

Le générateur de la base de temps **retardée** fournit également une impulsion (en bleu) de la largeur de cette dent de scie. Cette impulsion (en bleu clair) est additionnée à celle de la base de temps principale, donnant ainsi une surintensification pendant le temps du balayage retardé;

26. Ici nous voyons deux types de visualisation.
En premier **à gauche,** la représentation d'un signal balayé par la base de temps principale. Une partie de ce signal est surintensifiée, indiquant l'endroit où le deuxième balayage retardé visualisera la partie du signal.

En utilisant le balayage retardé, à la place du balayage principal, le signal devient comme l'indique la figure de **droite.**
C'est à dire que maintenant nous avons une partie du signal sur tout l'écran.

27. Comme nous l'avons vu, le temps de retard est déterminé par la comparaison des niveaux de la dent de scie de la base de temps principal (rouge) avec une tension continue ajustable (jaune). Cette tension est obtenue par un potentiomètre multitour de haute précision. Nous pouvons faire varier cette tension depuis le départ jusqu'à la fin de la dent de scie de la base de temps principale.

Le potentiomètre appelé "RETARD" ou "DELAY TIME" est équipé d'une échelle calibrée de 0 à 10 divisions représentant la déflection horizontale totale de la base de temps principale. Des lectures peuvent être faites à deux décimales.

Le retard – c'est-à-dire le laps de temps entre le démarrage du balayage principal et celui du balayage retardé – est donc obtenu en multipliant la lecture du vernier de l'hélipot par la vitesse de balayage de la base de temps principal.

28. Cette vue montre deux lectures différentes du temps de retard avec les niveaux continus correspondants en jaune.

Remarquez que les points de départ de la base de temps retardé sont différents, ce qui a pour effet de déplacer la surintensification comme le montre la figure supérieure. Les parties surintensifiées sont agrandies dans la présentation de la figure inférieure.

Remarquez également que dans ces deux exemples, la vitesse de balayage de la base de temps retardée est la même, ce qui donne un même taux d'agrandissement des différents secteurs.

29. Là, nous présentons encore deux exemples de l'utilisation d'une base de temps retardéee. Dans ce cas, le retard est identique pour les deux vues; mais la vitesse de balayage est différente; nous pouvons voir que plus la vitesse de balayage est rapide, plus la partie intensifiée est petite.

D'après l'oscillogramme du bas de l'image, il s'ensuit que plus la surintensification est petite, plus la partie du signal est agrandie.

30. Cette vue représente le schéma synoptique des circuits utilisés dans les générateurs de base de principal et base de temps retardé.

La base de temps principal et le circuit de déclenchement sont représentés en rouge; la base de temps retardée en bleue.

La dent de scie retardée est commandée par l'impulsion de sortie du circuit comparateur. Les deux entrées du comparateur sont la dent de scie du générateur de base de temps principale (rouge) et le niveau continu établi par le potentiomètre multitours "RETARD" (jaune).

Nous avons également représenté le circuit qui additionne les deux impulsions rectangulaires issues des deux générateurs de dents de scie, dont la résultante est envoyée sur le Wehnelt du tube cathodique.

Le choix de la base de temps se fait à l'aide d'un commutateur (violet) qui commute, soit la base de temps principale, soit la base de temps retardée vers l'amplificateur de déflection horizontale.

31. La base de temps retardée que nous venons d'étudier, démarre toujours à la fin du "retard" ce qui implique un intervalle constant entre le départ de la base de temps principale et de la base de temps retardée. De cette manière, toutes les parties d'une courbe peuvent être localisées et agrandies en ajustant le potentiomètre multitour.

La partie agrandie reste stable aussi longtemps que la fréquence de ce signal reste stable. Cependant en pratique, très souvent, la fréquence d'un signal n'est pas constante. La vue représente une telle situation. Ici le temps entre le point de déclenchement de la base de temps principale (qui détermine également le lépart de la base de temps retardée) et l'évènement à étudier en détail, varie.

32. Par exemple, nous voyons sur l'oscillogramme de **gauche** le temps entre deux impulsions qui varie d'une alternance à l'autre, de même chaque impulsion n'a pas une largeur constante.

Il en résulte que le front de la première impulsion parait stable puisque c'est ce front qui déclenche le démarrage de la dent de scie. Le front des autres impulsions présente une certaine instabilité que nous appelons le "jitter", qui devient de plus en plus important en fonction de la distance du point de déclenchement.

Supposons que nous voulions examiner le front positif de la deuxième impulsion en utilisant le balayage retardé afin d'agrandir cette partie du signal. La figure de **droite** nous montre le résultat. A cause du temps de retard constant le front et le jitter sont délayés, ce qui rend impossible l'analyse du signal.

33. Mais nous avons vu que sur la visualisation du signal le premier front utilisé pour le déclenchement était toujours stable. Nous pouvons penser qu'il est possible d'avoir une courbe agrandie stable si le balayage retardé peut être déclenché par le front que nous voulons examiner. Un grand nombre d'oscilloscopes possèdent cette possibilité.

Nous pouvons obtenir ceci en bloquant le générateur de base de temps retardée après le retard affiché. Donc au lieu de démarrer aussitôt après le retard, le générateur attend l'impulsion de déclenchement. Par un règlage judicieux du retard nous pouvons faire en sorte que le balayage retardé démarre sur le front que nous voulons observer.
Comme la base de temps principale, la base de temps retardée peut être déclenchée soit par un front positif, soit par un front négatif et pour un niveau que nous pouvons règler.
Comme la base de temps retardée démarre toujours au même point de la courbe, la portion de courbe agrandie est donc parfaitement stable et nette quelque soit le taux d'agrandissement, donc la vitesse de balayage de la base de temps retardée.

34. Cette vue représente le schéma synoptique de ce que nous venons de décrire.

Le circuit de déclenchement de la base de temps retardée est représenté ici avant la "gate" qui bloque le balayage retardé après le temps de retard. Le commutateur "STARTS, TRIGGER" représenté ici, permet, soit de faire démarrer la base de temps retardée immédiatement après le retard, soit d'attendre le démarrage de cette dent de scie après le signal de déclenchement.

35. Sur cette dernière vue, nous pouvons observer les boutons de commande du panneau-avant d'un oscilloscope double trace avec une base de temps principale et une base de temps retardée.

D'après la gravure de la face avant, nous pouvons voir qu'il y a une nette séparation entre la base de temps principal et la base de temps retardé. Ceci afin d'éviter des confusions entre les différents boutons de règlages de chaque base de temps, soit: la vitesse de balayage, le mode de déclenchement, le niveau et la polarité de déclenchement.

Au-dessus des boutons de règlage propres à chaque base de temps, nous avons des commandes communes aux deux bases de temps: déplacement continu dela trace en horizontal, le potentiomètre multitour, la lampe indiquant une multiplication par 10 et les boutons poussoirs de sélection de la base de temps.

1. Viele Arten von Messungen lassen sich mit speziellen Messgeräten, wie Gleich- oder Wechselspannungsvoltmetern, Zählern usw. durchführen. Diese Geräte haben den Vorteil, dass sie Signale mit sehr hoher Genauigkeit und Auflösung messen können.

2. Es gibt jedoch eine Reihe von Parametern, die sich am einfachsten mit einem Oszillografen messen lassen. Die Möglichkeit, den tatsächlichen Verlauf von **Signalformen** darstellen zu können, hat den Oszillografen zu dem universelsten elektronischen Messinstrument gemacht.

   Hier zwei typische Beispiele:
   a. Das **linke** Bild zeigt, wie ein Oszillograf ein vertikales Eingangssignal als Funktion eines horizontalen Eingangssignales darstellt (X-Y-Darstellung).
   b. Das **rechte** Bild zeigt eine Oszillografendarstellung, bei der ein elektrisches Eingangssignal als Funktion der Zeit dargestellt wird (X-t-Darstellung).

3. Für viele Anwendungen ist ein Oszillograff mit einem vertikalen Kanal ausreichend. Oft müssen jedoch zwei verschiedene Signale dargestellt werden, um deren zeitliche Relation, Phase, Verzerrungen oder Amplitude zu vergleichen. Für diese Messungen muss man einen Oszillografen mit zwei vertikalen Eingangskanälen einsetzen.

   Das Bild zeigt die Anstiegsflanken von zwei Impulsen, die auf einer gemeinsamen Zeitachse verglichen werden. Es ist zu sehen, dass zwischen den beiden Impulsen eine Zeitverschiebung auftritt und dass der untere Impuls mehr Verzerrungen zeigt als der obere.

4. Die direkte Methode, zwei Signale gleichzeitig auf einem Oszillografenschirm darzustellen, ist die Verwendung von zwei separaten Elektronenstrahlen. Das Bild zeigt die Grundelemente der Elektronenstrahlröhre eines solchen Zweistrahl-Oszillografen. Zwei Elektronenstrahlen werden in zwei Elektronenkanonen erzeugt. Jeder Strahl hat sein eigenes Ablenksystem.

   Dieser Anordnung der Elektronenkanonen sind aber Grenzen gesetzt. Da beide Elektronenkanonen nicht auf der gleichen optischen Achse sitzen, sondern mit einem kleinen Abstand nebeneinander montiert sind, zeigt eine solche Röhre geometrische Verzeichnungen.

5. Dieses Bild zeigt das Feld, das beide Strahlen auf dem Bildschirm ausschreiben. Die Felder sind mehr trapezförmig als rechteckig, wodurch die Messgenauigkeit, besonders zum Bildschirmrand hin, verschlechtert wird.

6. Aus diesem Grunde wurde versucht, den Abstand zwischen den beiden Strahlen zu verkleinern. Mit der Entwicklung einer Elektronenkanone in der beide Strahlen erzeugt werden, wurde dieses Problem gelöst.

   Die "Split-Beam"-Röhre hat einen vernachlässigbaren Abstand zwischen den beiden Strahlenquellen, wodurch die vorher beschriebenen Verzeichnungen bei zwei Elektronenkanonen entfallen.

7. Dieses Blockschaltbild zeigt den typischen Aufbau eines Zweistrahl-Oszillografen. Beide Elektronenstrahlen werden von einem gemeinsamen horizontalen Ablenksystem ausgelenkt, um einen absolut gleichen Ablenkkoeffizient entlang der Zeitachse zu erhalten. Beide Kanäle haben voneinander unabhängige Verstärkerzweige, für jedes Ablenkplattenpaar einen.

   Um genau vergleichbare Messungen durchführen zu können, müssen beide Verstärkerzweige und beide Ablenkplattenpaare einen gleich guten Frequenz- und Phasengang haben. Die Schwierigkeiten, diese Forderungen zu erfüllen, steigen mit der Bandbreite des Gerätes. Aus diesem Grunde lässt sich das Zweistrahl-Prinzip ökonomisch bis etwa 10-15 MHz anwenden.

8. Um die beschriebenen Probleme bei höheren Frequenzen zu umgehen, wird zur Darstellung von zwei Signalen auf dem Bildschirm nur ein vertikales Ablenkplattenpaar und ein Verstärker verwendet. Bei dieser Methode wird der Elektronenstrahl zeitlich auf die beiden Signale aufgeteilt.

   Eine Möglichkeit der zeitlichen Aufteilung des Signales ist die dauernde Umschaltung ("chopped") zwischen den Strahlen während eines Durchlaufes der Zeitablenkung. Um die Umschalttechnik darstellen zu können, ist bei diesem Beispiel eine niedrige Umschaltfrequenz gewählt worden. In der Praxis soll die Umschaltfrequenz möglichst hoch sein, damit die Signalformen für das menschliche Auge als durchlaufende Kurvenzüge erscheinen.

9. Das blockschaltbild zeigt die Elemente, die zu einer geschalteten **Zweikanal**-Darstellung nötig sind. Die zwei Eingangskanäle sind mit einem schnellen elektronischen Schalter verbunden, der dauernd mit hoher Frequenz (in der Praxis liegt dieser Wert zwischen 100 KHz und 1 MHz) zwischen beiden Kanälen umschaltet. Dadurch werden abwechselnd beide Kanäle mit dem Endverstärker und dem vertikalen Ablenksystem verbunden.

10. Um einen durchgehenden Kurvenzug für jeden Kanal zu erhalten, muss die Umschaltfrequenz hoch sein und darf kein Vielfaches der darzustellenden Frequenz sein. Sind diese Forderungen erfüllt, so bleiben die Lücken klein und die dargestellten Teile überlappen sich bei aufeinanderfolgenden Ablenkungen, wie dieses Bild zeigt.

Es ist möglich, daß die Lücken sichtbar werden, und zwar dann, wenn eine Interferenz zwischen Umschaltfrequenz und darzustellendem Signal auftritt.

11. In solchen Fällen ist es besser, erst einen Kanal während einer Ablenkung komplett abzubilden, umzuschalten und dann während der nächsten Ablenkung den zweiten Kanal darzustellen. Auf diese Art werden wechselnd mit aufeinander folgenden Horizontalablenkungen die kompletten Signalformen dargestellt.

Diese zweite Möglichkeit der zeitlichen Aufteilung der Signale auf ein Ablenksystem beim Oszillografen wird "alternierende" Betriebsart genannt. Ist die Signalfrequenz und damit die Ablenkgeschwindigkeit hoch, so erscheinen, durch die Trägheit des menschlichen Auges bedingt, beide Signalkurven gleichzeitig auf dem Bildschirm.

12. Es gibt also prizipiell drei verschiedene Methoden, zwei Signale auf dem Bildschirm darzustellen. Sie sollen noch einmal kurz miteinander verglichen werden.

Dieses Bild zeigt wie zwei verschiedene Eingangssignale in den drei Darstellungsarten abgebildet werden. Jede Darstellung wird über zwei aufeinander folgende Horizontalablenkungen gezeigt.

Die obere Darstellung zeigt das **Zweistrahl**-Prinzip, bei dem beide Eingangssignale ununterbrochen dargestellt werden.

Die zweite Bildreihe zeigt die **Zweikanal**-Darstellung eines Zweikanal-Oszillografen, in der Betriebsart **chopped**. Hier ist der Einfluss eines niedrigen Umschaltfrequenz deutlich zu sehen. Die Kurvenzüge zeigen Unterbrechungen. Diese sind in der Praxis bei sich wiederholenden Signalen nich sichbar solange keine Interferenz zwischen den Signalen und der Umschaltfrequenz vorliegt. Der Einfluss der Umschaltfrequenz macht sich nur bei der Darstellung schneller einmaliger Vorgänge bemerkbar.

Das untere Beispiel zeigt die **Zweikanal**-Darstellung bei der **alternierenden** Betriebsart. In diesem Falle wird immer nur ein Signal während einer horizontalen Ablenkung dargestellt. Nach Ende des ersten Durchlaufes schaltet der elektronische Schalter um und das zweite Signal wird dann beim zweiten Durchlauf komplett dargestellt.

13. Ein zusätzlicher Vorteil der zeitlichen Aufteilung der Signaldarstellung ist die Möglichkeit auch mehr als zwei Signale auf dem Bildschirm darzustellen. Hier das Prinzipschaltbild für die Darstellung von vier Eingangssignalen.

Auch dieser Oszillograf benötigt nur einen Endverstärker und ein vertikales Ablenkplattenpaar. Der elektronische Vierwegschalter verbindet nacheinander den Endverstärker mit den vier Vorverstärkern.

14. Die vorherigen Bilder zeigten in welcher Weise wie man zwei oder mehr Signale gleichzeitig auf dem Bildschirm darstellen kan. Die nächsten Bilder zeigen nun einige typische Anwendungsbeispiele der Zweikanal-Darstellung.

Das **linke** Bild, zum Beispiel, zeigt eine Methode, um Phasen-Differenzen zwischen zwei Signalen zu messen. Die Signale sind so dargestellt, dass eine halbe Periode (180°) über 9 Skalenteile dargestellt wird. Man hat also eine Phasenverschiebung van 180° : 9 = 20+ pro Skalenteil. Da die Nulldurchgänge der beiden Signale um 3 Skalenteile verschoben sind hat man eine Phasenverschiebung von 3 x 20° = 60°.

Das **rechte** Bild zeigt das Ausgangsignal einer Impulsformerschaltung (unteres Signal), welches mit dem Eingangssignal (oberes Signal) verglichen wird. Die Schaltzeiten und-pegel sind klar zu sehen.

15. Zwei weitere Anwendungsbeispiele:
Das **linke** Bild zeigt eine Methode, wie die Zeitverzögerung zwischen zwei Impulsen gemessen werden kann.

Das **rechte** Bild zeigt, wie eine Zweikanal-Darstellung dazu verwendet wird, eine Anzahl von Impulsen zu zählen (unteres Signal), die während der Dauer eines Zeitintervalls eines anderen Impulses (oberes Signal) erscheinen.

Um ein klares Bild zu erhalten, wurden bei dem unteren Beispiel nur wenige Impulse dargestellt. In der Praxis ist die Zahl der Impulse aber oft so hoch, dass es sehr schwer ist, sie genau zu zählen. Zu diesem Zweck wird eine höhere Auflösung entlang der Zeitachse benötigt.

16. Hier wird ein Vergrösserungsglas dazu verwendet, die Auflösung des signalteiles, das von Interesse ist, zu erhöhen. In der Praxis ist das eine sehr umständliche und daher kaum anwendbare Methode. Es ist besser, eine elektronische Methode einzusetzen, um die Darstellung entlang der Zeitachse zu dehnen.

17. Wie dieses Bild zeigt, ist eine elektronische Dehnung der Darstellung möglich. Da der Bildschirm selbst nicht mit vergrössert werden kann, wird immer nur ein Teil des gedehnten Signales auf dem Bildschirm dargestellt.

Im oberen Teil des Bildes wird das Signal normal dargestellt, im unteren Teil ist es um den Faktor 5 vergrössert.
Der horizontale Verschiebungsbereich ist ebenfalls um den Faktor 5 vergrössert worden, so dass jeder Teil des gedehnten Signales auf dem Bildschirm gebracht werden kann.

18. Die Dehnung der Zeitachse hat eine Änderung des Zeitmassstabes zur Folge. Ist z.B. die gewählte Ablenkgeschwindigkeit wie im oberen Bildteil 5 µs pro Skalenteil und die Bildschirmbreite 10 Skalenteile, so ist die Gesamtlänge der Ablenkung 50 µs.

Die Gesamtzeit der Ablenkung bleibt 50 µs, auch wenn um den Faktor 5 auf 50 Skalenteile gedehnt wird.
Der Zeitmassstab ist nun jedoch 50 µs: 50 Skalenteile, also 1 µs pro Skalenteil.

Die Verwendung der Dehnung ist ein einfacher Weg die Auflösung zu erhöhen. In der Praxis sind dem aber Grenzen gesetzt. Denn, jede Unstabilität des Eingangssignales wird mitgedehnt, wodurch die genaue Beobachtung erschwert, wenn nicht unmöglich wird. Eine zu grosse Dehnung erschwert weiter das Auffinden eines bestimmten Signalausschnittes.

19. Es gibt einen anderen Weg, eine höhere Auflösung zu erhalten: man erhöht einfach die Ablenkgeschwindigkeit. Rechts ist ein sinusförmiges Eingangssignal mit der Periodendauer T zu sehen. Links unten im Bild sind drei verschiedene Zeitbasisgeschwindigkeiten eingezeichnet. Jede ergibt einen in der entsprechenden Farbe dargestellten Kurvenzug.

Die schnellste Zeitbasisgeschwindigkeit bewirkt die horizontale Ablenkung in der kürzesten Zeit Die Auflösung wird mit steigender Ablenkgeschwindigkeit erhöht, da ein kleineres Signalabschnitt über der vollen Bildschirmbreite dargestellt wird.

Die Darstellung beginnt immer im Triggerpunkt des eingangssignales. Das bedeutet also, dass jener Teil des Signales dargestellt wird, der unmittelbar dem jeweiligen Triggerpunkt folgt. Je schneller die Ablenkgeschwindigkeit ist, ein umso kürzeres Stück des Signales wird dargestellt.

20. Aufeinander folgende Ablenkungen erzeigen das gleiche Bild auf dem Schirm, vorausgesetzt, es handelt sich um ein gleichmäsig wiederkehrendes Signal, wie bei der sinusförmigen Spannung. Ist die Kurvenform, nicht gleichmässig, so erhält man Zweideutigkeiten in der Anzeige.

Rechts wird ein ungleichmässig aufgebautes Signal dargestellt. Von der Zeit O bis T ist es rechteckig, von der Zeit T bis 2 T sinusförmig. Wird als Zeit für eine volle Auslenkung des Strahles über den Bildschirm T gewählt, so wird in der Zeit von O bis 2T zweimal abgelenkt.

Die nun dargestellten Signale zeigt das Schirmbild. Während der ersten Ablenkung wird der rechteckige Signalteil dargestellt und der sinusförmige Teil während der zweiten Ablenkung. Dadurch werden beide Signalteile übereinander abgebildet, wodurch keine befriedigende Signalbeobachtung möglich ist.

21. Nun soll z.B. nur der sinusförmige Signalteil betrachtet und über den gesamten Bildschirm dargestellt werden. Das kann dadurch erreicht werden, dass die Triggerung des Ablenkgenerators irgendwie um die Zeit T verzögert wird. Diese Art Darstellung wird durch eine "verzögerte Zeitbasis" erreicht.

22. Wird die **Ablenkgeschwindigkeit** der verzögerten Zeitbasis erhöht, so wird ein kleinerer Teil des Signales über den gesamten Bildschirm dargestellt. Dieses Bild zeigt zwei verschiedene Ablenkgeschwindigkeiten der verzögerten Zeitbasis.
Beide starten zum Zeitpunkt T, wobei der gelbe Sägezahn die volle horizontale Auslenkung eher erreicht als der grüne, wodurch die Auflösung beim gelben Kurvenzug höher ist.

23. Wird die **Verzögerungszeit** variiert, so kann der Startpunkt der verzögerten Ablenkung verändert werden. In diesem Beispiel haben die verzögerten Ablenkgeschwindigkeiten gleiche Werte, jedoch startet die Ablenkung nach verschiedenen Verzögerungszeiten. Die Folge davon ist, dass verschiedene Teile des Eingangssignales dargestellt werden, jedoch mit gleicher Auflösung.

Durch Variation von Verzögerungszeit und -Geschwindigkeit der verzögerten Zeitbasis lässt sich jeder Teil des Eingangssignals dehnen und darstellen.

24. Bis jetzt wurde über die verzögerte Zeitbasis gesprochen, ohne auf die praktische Realisierung einzugehen. Dieses Bild zeigt nun den typischen zeitlichen Ablauf der Zeitbasissignale.

Die obere Bildhälfte zeigt zwei komplette Signalzyklen des Eingangssignales. Direkt darunter ist die in rot gezeichnete Sägezahnspannung des normalen Zeitbasisgenerators, auch Hauptzeitbasis genannt. Die Triggerung erfolgt zu den Zeitpunkten O, T, 2T usw.

Mit Hilfe einer Komparatorschaltung wird die Ausgangsspannung des Hauptzeitbasisgenerators mit einer einstellbaren, im Bild gelb gekennzeichneten, Gleichspannung verglichen.
In dem Augenblick, in dem die Ausgangsspannung des Sägezahngenerators den Gleichspannungswert erreicht hat, startet eine zweite Zeitbasis. Sie ist blau eingezeichnet und wird **verzögerte Zeitbasis** genannt.
Wird die Gleichspannung verändert, so lässt sich die Zeit zwischen dem Startpunkt der Hauptzeitbasis und der verzögerten Zeitbasis wählen. Diese einstellbare Zeit wird auch **Verzögerungszeit** genannt.

Mit Hilfe eines Schalters auf der Frontplatte des Oszillografen kann gewählt werden, ob die Hauptzeitbasis das gedehnte Stück über den gesamten Bildschirm darstellen soll.

25. Um anzuzeigen, welcher Teil des gesamten Signals gedehnt wird, wird das zu dehnende Stück aufgehellt. Dieses Zeitdiagramm zeigt, wie das in der Praxis erreicht wird.

Während der Hauptablenkung (rot) liegt eine Rechteckspannung (orange) am Wehnelt-Zylinder der Elektronenstrahlröhre. Diese Rechteckspannung steuert den Elektronenstrahl so, dass er während der Hauptablenkung auf dem Bildschirm eine sichtbare Schreibspur erzeugt. Der Sägezahngenerator für die verzögerte Ablenkung erzeugt ebenfalls eine Rechteckspannung, welche zur gleichen Zeit startet und endet wie der verzögerte Sägezahn (blau). Dieser Impuls wird zu dem orangen der Hauptzeitbasis addiert. Der zusammengesetzte Impuls steuert nun die Intensität des Elektronenstrahles.
Das gesamte auf dem Bildschirm dargestellte Signal wird dadurch sichtbar und im Bereich der verzögerten Zeitbasis aufgehellt.

26. Hier sind zwei verschiedene Bildschirmdarstellungen zu sehen. Das **linke** Bild zeigt ein von der Hauptzeitbasis dargestelltes Signal. Ein Teil dieses Signales ist aufgehellt, und zwar der Teil, der durch die verzögerte Zeitbasis gedehnt dargestellt werden soll. Wird statt der Hauptzeitbasis die verzögerte Zeitbasis zur Ablenkung verwendet, so erfolgt die Darstellung des gedehnten Teiles über den gesamten Bildschirm, wie die **rechte** Abbildung zeigt.

27. Wie gezeigt wurde, wird die Verzögerungszeit dadurch bestimmt, dass die Ausgangsspannung des Sägezahngenerators (rot) mit einer einstellbaren Gleichspannung (gelb) verglichen wird. Der Gleichspannungspegel wird mit Hilfe eines hochauflösenden Zehngang-Potentiometers eingestellt und kann zwischen dem Startpunkt und dem Ende der Hauptzeitbasis variiert werden. Das Potentiometer- auch Verzögerungszeitmultiplikator genannt – ist oft mit einer kalibrierten Skala von 0 bis 10 ausgerüstet, da die volle horizontale Ablenkung des Hauptzeitbasis-Generators meistens 10 Skalenteile beträgt.

Die eingestellte Verzögerungszeit zwischen dem Startpunkt der Haupt- und der verzögerten Zeitbasis erhält man, in dem der von der Potentiometerskala abgelesene Wert mit dem Zeitkoeffizienten der Hauptzeitbasis multipliziert wird.

28. Dieses Bild zeigt zwei verschiedene Eingestellungen der Verzögerungszeit mit den zugehörigen Gleichspannungspegeln (gelb). Die Startpunkte der verzögerten Zeitbasis sind unterschiedlich, wodurch verschiedene Teile des Signales aufgehellt werden. Die aufgehellten Teile werden in den unteren Schirmbildern gedehnt dargestellt. In beiden Darstellungen ist die Ablenkgeschwindigkeit der verzögerten Zeitbasis gleich, wodurch die Dehnung der beiden dargestellten Stücke ebenfalls gleich ist.

29. Hier sind noch zwei Beispiele für die verzögerte Darstellung zu sehen. Bei beiden Beispielen ist die eingestellte Verzögerungszeit gleich, jedoch sind die Ablenkgeschwindigkeiten der verzögerten Zeitbasis unterschiedlich. Es ist zu sehen, dass bei schnelleren Ablenkgeschwindigkeiten kleinere Ausschnitte der oberen Signalform aufgehellt werden.
Die unteren Diagramme zeigen, dass die Vergröserung steigt, je schmaler das aufgehellte Stück ist.

30. Dieses Blockschaltbild zeigt die Elemente, der Haupt- und der verzögerten Zeitbasis. Der Hauptzeitbasisgenerator und der Triggerkreis sind rot gezeichnet, der verzögerte Zeitbasisgenerator blau. Die verzögerte Zeitbasis wird durch den Komparator gestartet. Der Komparator vergleicht die Sägezahnspannung des Zeitbasisgenerators mit der eingestellten Gleichspannung (gelb) des Verzögerungszeitmultiplikators.

Es ist zu sehen, dass die beiden Helltastimpulse von den beiden Zeitbasen addiert und der daraus resultierende Impuls an den Wehnelt-Zylinder der Röhre geführt wird.

Mit Hilfe eines Schalters (purpurfarbig) kann entweder der Generator der Hauptzeitbasis oder jener der verzögerten Zeitbasis mit dem horizontalen Endverstärker verbunden werden.

31. Bei den bisherigen Betrachtungen startet die verzögerte Zeitbasis immer sofort nach der eingestellten Verzögerungszeit. Jeder Teil der Signalform kann aufgesucht und gedehnt werden, indem mit einem Potentiometer die Verzögerungszeit eingestellt wird.

Solange die beobachteten Zeitintervalle konstant sind, ist eine stabile Darstellung des gedehnten Stückes auf dem Bildschirm möglich. In der Praxis ist das jedoch nicht immer der Fall, da oft die Zeitintervalle nicht konstant sind.

Das Bild zeigt eine solche Situation. Die Zeit zwischen dem Triggereinsatzpunkt der Hauptzeitbasis (die auch den Startpunkt der verzögerten Zeitbasis bestimmt) und dem Ereignis, das untersucht werden soll, schwankt.

32. Dieses Beispiel zeigt **links** zwei Impulse, bei denen das Zeitintervall schwankt und auch die Impulsbreite nicht konstant ist. Dadurch erscheint nur die Anstiegsflanke des ersten Impulses stabil auf dem Bildschirm, da diese Flanke für die Triggerung verwendet wird. Die anderen Impulsflanken zeigen ein Jittern das mit der Entfernung vom Triggereinsatzpunkt steigt.

Angenommen, es soll die Anstiegsflanke des zweiten Impulses mit Hilfe der verzögerten Zeitbasis gedehnt betrachtet werden. Die resultierende Anzeige zeigt das **rechte** Bild. Da die Verzögerungszeit konstant ist, wird sowohl Signal **und** Jittern gedehnt. Dadurch ist die Beobachtung des signalausschnittes unmöglich.

33. Beim vorherigen Bild war zu sehen, dass die Anstiegsflanke die zur Triggerung verwendet wurde, stabil und klar auf dem Bildschirm erscheint. Es müsste also auch eine stabile, gedehnte Darstellung möglich sein, wenn die verzögerte Zeitbasis durch die zu beobachtende Impulsflanke getriggert werden könnte. Viele Oszillografen bieten diese Möglichkleit.
Der Generator der verzögerten Zeitbasis startet dann nicht unmittelbar nach der eingestellten Verzögerungszeit, sondern wartet solange, bis ein Triggerimpuls eintrifft. Die Verzögerungszeit kann dabei so eingestellt werden, dass die verzögerte Zeitbasis von dem Impuls getriggert werden kann, der beobachtet werden soll.
Genau wie bei der Hauptzeitbasis kann bei der Triggerung der verzögerten Zeitbasis Triggerpegel und Triggerpolarität gewählt werden. Die verzögerte Zeitbasis startet also immer am gleichen Punkt des Signals, wodurch stabile Darstellungen auch bei grossen Dehnungen möglich sind.

34. Dieses Bild zeigt das komplette Blockschaltbild der verzögerten Zeitbasis. Der Triggerkreis der verzögerten Zeitbasis ist zusammen mit dem Gate-Schaltkreis dargestellt, welcher den verzögerten Zeitbasisgenerator während der eingestellten Verzögerungszeit blockiert.

In der unteren Bildhälfte ist ein Schalter zu sehen, mit dem gewählt werden kann, ob die verzögerte Zeitbasis unmittelbar nach der eingestellten Verzögerungszeit abläuft oder ob sie erst nach einem Triggersignal starten soll.

35. Dieses letzte Bild zeigt die Frontplatte eines Oszillografen, der mit einer Haupt- und einer verzögerten Zeitbasis ausgerüstet ist.

Es ist zu sehen, dass zwischen den beiden Zeitbasen eine Trennung besteht. Dadurch wird die Übersicht erleichtert und die einzelnen Bedienungselemente,. wie Zeitkoeffizienten, Triggerart, Triggerpegel und -Polarität, Triggereingang usw. sind den Zeitbasen besser zuzuordnen.

Über den beiden Zeitbasen sitzen die Bedienungselemente, die für beide Bereiche gelten: horizontale Verschiebung, Verzögerungszeitmultiplikator, Dehnung und der Zeitbasiswahlschalter.